

(73) 地震時に生ずる地盤ひずみの 観測結果について

東京理科大学 森地重暉
東京理科大学 今村芳徳
東京理科大学 佐伯宗大

1. はじめに

埋設管をはじめとして、沈埋トンネル等の地中構造物の耐震性についての検討は、それらの建設の増大と共に一層重要な課題になっている。加速度の影響を受ける地上構造物の場合と異なり、地震時に生ずる地中構造物の変形は周辺地盤の変形に追従して発生する。地中構造物の耐震性は、それに生ずるひずみに関連すると考えられるため、周辺地盤に生ずるひずみの究明が必要とされる。現在、沈埋トンネルや地下鉄トンネル等の地中構造物に地震時に生ずるひずみの観測が続けられている(1)、(2)。管体に生ずるひずみの観測結果は耐震設計上有用な資料になると考えるが、地盤に生ずる地震時ひずみは管体ひずみの性状を究明する上でも有用であると考えられる。

一般に、地震時での地盤に生ずるひずみの直接測定は実施の面で必ずしも容易でないためか、地盤ひずみを求めるのにアレイ観測で得られた加速度記録や速度記録を利用する例が多い。しかし、地盤ひずみを間接的に求めることは結果の上で必ずしも満足であるとは言えず、直接的に測定することが望まれると考えた。それ故、前報(3)、(4)に続き直接的な観測方法について述べ、得られた観測結果について報告することにした。なお、佐藤等は直接的に測定した地震時の地盤ひずみと近接した地盤内に埋め込んだ管体に生ずるひずみを比較検討して、管体ひずみの値から地盤ひずみを推定する手法の妥当性について調査している(5)。

2. 観測方法

地震時に生ずる地盤ひずみの観測場所は東京理科大学構内(千葉県野田市)である。地盤の自由表面の異なる3方向の垂直ひずみについて地震時観測を行った。3方向のひずみを測定したのは、主ひずみや最大せん断ひずみを算定してひずみの性状を調査するためである。

まず、地表面に拡がった一辺約1mの正三角形の頂点の位置に鉄杭(直径:70mm)を打ち込んだ。2本の杭の間に棒状の変位計(DS-100型:東京測振(株))を装着して、杭間の相対変位を測定するように工夫した。得られた相対変位を原長(1m)で割りその結果をひずみであるとした。なお、地盤に生ずる加速度も3方向に対して観測した。加速度計(PV-22:リオン(株))は、記録装置の起動用にも用いている。図-1には変位計の設置状況が示されている。

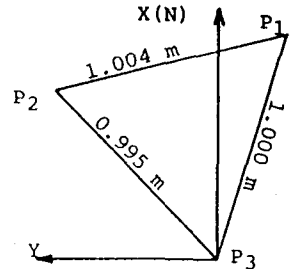


図-1 変位計配置図

3. 観測結果と若干の考察

座標系 x, y をとり、実測結果の一例(1993年5月21日、11:36:46、震央:茨城県南西部、震央距離:15km、震源深さ:61km、 $M=5.4$)を用いて、垂直ひずみ $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ 、せん断ひずみ γ_{xy} を求めると図-2に示すようになる。 ε_x と ε_y とは、殆ど互いに逆位相になっている。また、最大値を比較するとせん断ひずみが垂直ひずみよりも大きい傾向にある。

最大主ひずみの方向と x 軸となす角を θ とする。 θ の変動も図-2に示されている。最大主ひずみ方向の変動は周期的であるというよりも、むしろ矩形パルスのように正から負へと急激な変動状況を呈している。また、その変動差は、およそ $\pi/2$ であるといえる。

また、同図中に最大主ひずみ ε_1 、最小主ひずみ ε_2 及び最大せん断ひずみ γ_{max} の変動状況を示す。 ε_1 と ε_2 とは互いに逆位相を呈し、絶対値も大きな差はない。また、ほぼ γ_{max} は ε_1 と ε_2 の各々の絶対値の和に近いことが分かる。このことから、地盤に生ずるひずみの状態は純せん断に近い状態のものであることが想像出来る。本地震はスペクトルの極値が2~6Hz程度の成分をもち、震央距離の小さい地震であるが、比較的長周期の成分を含む地震や震央距離の大きな地震の場合でも同様な傾向のあることが分かる。図-3は三陸はるか沖に震央を持つ地震(1992年7月18日、17:40:10、震央距離:497km、震源深さ:2km、 $M=6.6$)でスペクトルの極値が1.0Hz以下に存在するもの、また、図-4は釧路沖地震(1993年1月15日、20:08:18、震央:釧路沖、震央距離:860km、震源深さ:107km、 $M=7.8$)における記録から求めたものであって、図-2と類似した傾向があるといえる。

DATE : 93, 05, 21 DATANUMBER : 3 [Sec]
 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0

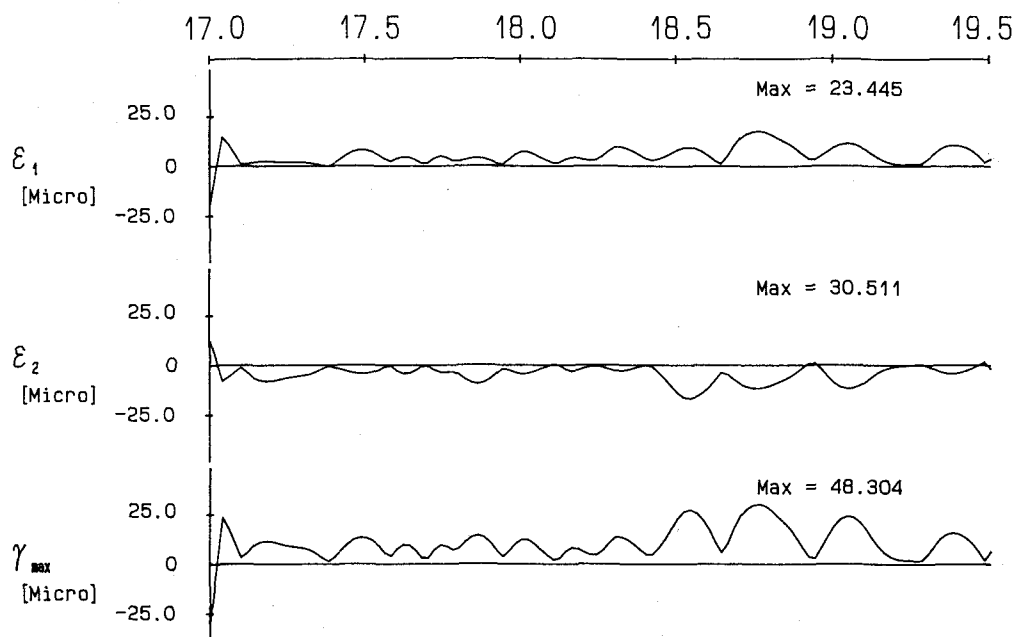
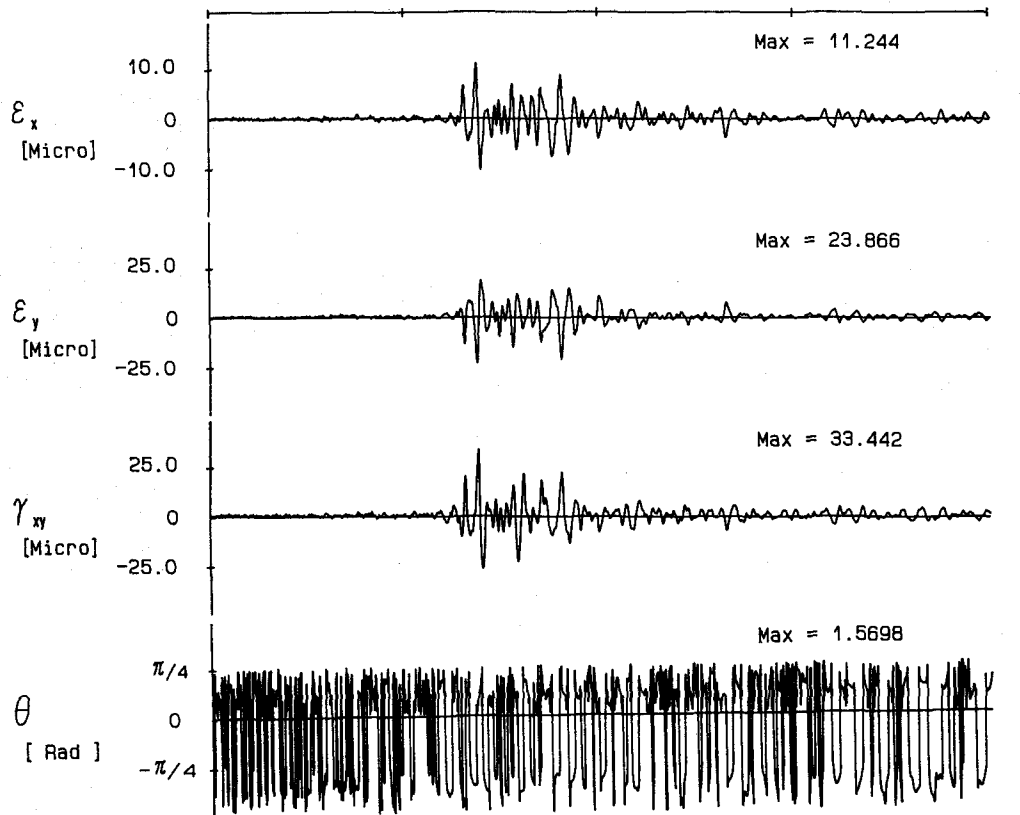


図-2 93.5.21 の地震記録より算出

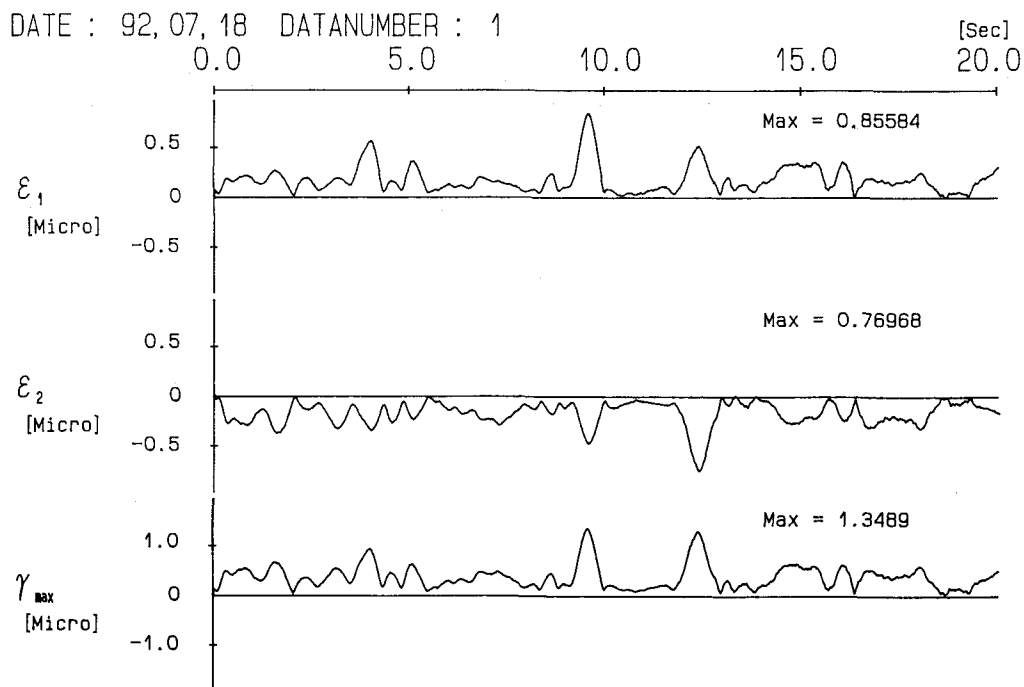


図-3 92.7.18 の地震記録より算出

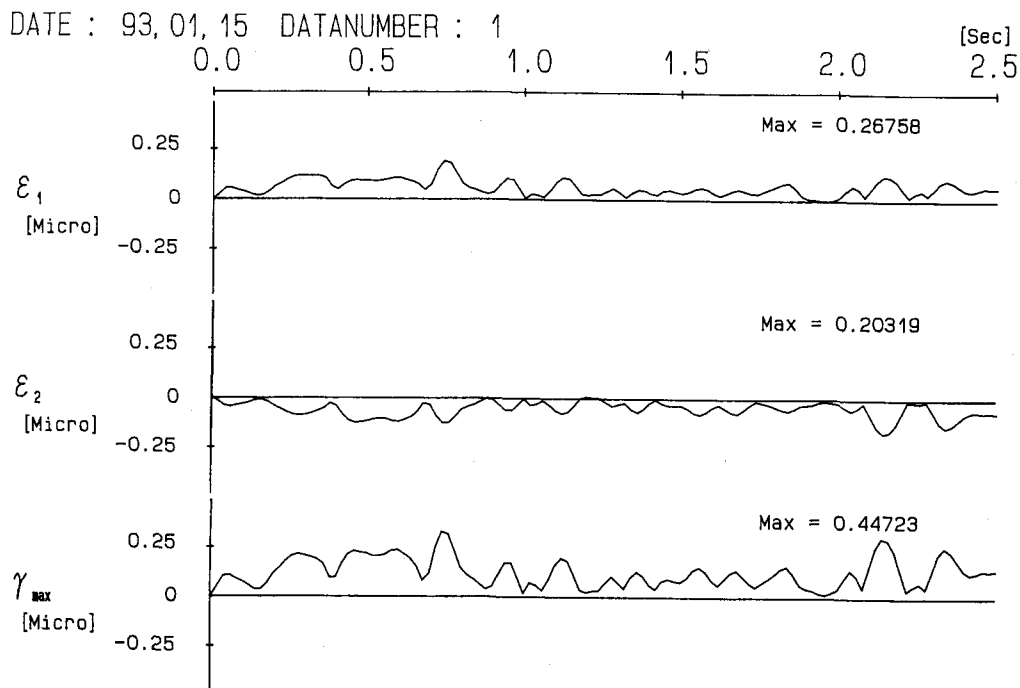


図-4 93.1.15 の釧路沖地震の記録より算出

図-5には、表-1に示す地震について(主ひずみ和)/(最大せん断ひずみ)の値、即ち $(\varepsilon_1 + \varepsilon_2) / \gamma_{max}$ の頻度分布を示す。同図は表-1に示す全ての地震についての結果を重ね合わせたもので、この結果からひずみの比率の値はおよそ-0.2から0.2の間にあると考えてよい。

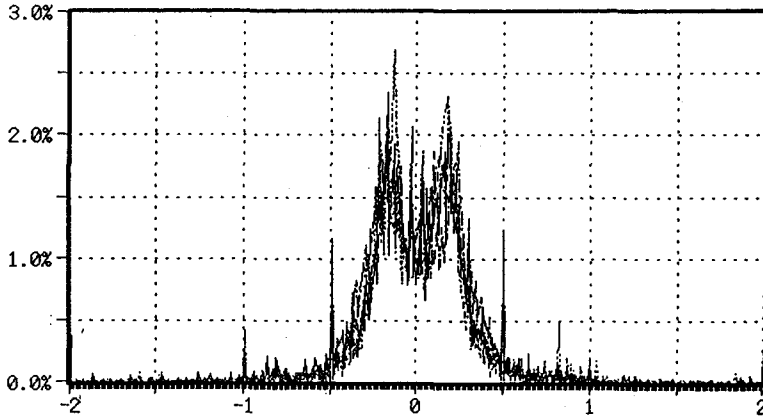


図-5 度数分布

No.	発生年月日	発生時刻	震央位置	震央距離	震源深さ	M	千葉震度
1	91.10.19	08:31:26	茨城県南西部	20km	59km	4.3	I
2	92.07.09	21:59:30	茨城県沖	109	39	4.6	I
3	92.07.29	15:21:39	茨城県南西部	30	30	3.6	—
4	92.08.27	13:09:57	茨城県南西部	16	57	4.7	I
5	92.10.01	11:32:06	茨城県沖	122	48	4.6	—
6	93.01.15	20:08:18	釧路沖	860	107	7.8	II

表-1

4. 結び

地震時に生ずる地盤ひずみの観測方法について述べ、観測結果の一部を示した。当該観測場所では、ひずみは純せん断に近い状態にあると考えられる。

参考文献

1. Tamura et al; 'Behavior of Subaqueous Tunnel during Earthquakes', Report of the Industrial Science, University of Tokyo, Vol. 24, No. 5, March, 1975.
2. 田村ほか2名; トンネルの地震時の変形(ひずみ)について、第8回日本地震工学シンポジウム論文集、1990年、pp625~pp630.
3. 森地ほか2名; 地震時における地盤ひずみの測定について、第21回地震工学研究発表会講演概要、1991年、pp. 145~pp. 148
4. Morichi et al; 'Observation of Ground Strains during Earthquake, Proc. of 10. W. C. E. E., pp. 225~pp. 230
5. 佐藤ほか2名; 地震時地盤ひずみの挙動と埋設管ひずみに関する一考察、第19回地震工学研究発表会講演概要、1987年、pp. 21~pp. 24